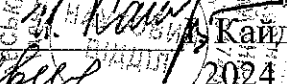


**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**  
**Полтавський державний медичний університет**

Кафедра біоорганічної та біологічної хімії

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Проректор ЗВО з наукової роботи,  
Полтавського державного медичного  
університету

Професор  Кайдашев  
«26» серпня 2024 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА**

**«Біохімія»**

для здобувачів освіти третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, які навчаються за освітньо-науковою програмою «Біологія та біохімія»

Галузь знань: 09 – Біологія

Спеціальність: 091 – Біологія та біохімія.

Полтава 2024

Робоча програма освітнього компонента «БІОХІМІЯ» для здобувачів освіти третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, які навчаються за освітньо-науковою програмою «Біологія та біохімія».

„ 02” квітня 2024 р. - 25 с.

Розробники: завідувач кафедри біологічної та біоорганічної хімії д.мед.н., професор К.С. Непорада, доцент кафедри біологічної та біоорганічної хімії к.б.н., доцент М.В. Білець.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри біологічної та біоорганічної хімії 2 квітня 2024 р., протокол № 11.

Робоча програма затверджена на засіданні Вченої ради ІДМУ.

Протокол № 9 від "16" червня 2024 р.

Учений секретар



В.Л. Філатова

## ВСТУП

Освітній компонент «Біохімія» є складовою освітньо-наукової програми «Біологія та біохімія» підготовки фахівців за третім рівнем вищої освіти.

Освітній компонент є вибіркоким.

Викладається у 1,2,5,6 семестрах 1,3 років навчання в обсязі – 150 год (5 кредитів ECTS) зокрема: лекції – 10 год., практичні 90 год. самостійна робота – 50 год. У курсі передбачено 2 модулі.

Завершується освітній компонент – іспитом.

**Предметом** є вивчення сучасних уявлень метаболізму живих організмів в нормі і патології.

**Зміст освітнього компонента.** Освітній компонент «Біохімія» є базовим у підготовці здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня у ОНП «Біологія та біохімія». Освітній компонент складається із лекційних та практичних занять, на яких будуть висвітлені питання сучасного уявлення про метаболізм органічних речовин в живих організмах в нормі і патології.

Місце освітнього компонента (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку): освітній компонент «біохімія» є вибіркоким компонентом у циклі професійної і практичної підготовки.

Розподіл змісту освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії за циклами наведено нижче.

**Міждисциплінарні зв'язки:** Міждисциплінарні зв'язки базуються на вивченні здобувачами ступеня доктора філософії освітніх компонентів: методологія наукового та патентного пошуку та біоетика, медична статистика та біоінформатика.

**Мета** освітнього компонента «Біохімія» - підготовка здобувачів на третьому (освітньо-науковому) рівні, здобуття та поглиблення теоретичних знань та практичних навичок та інших компетентностей отриманих на до дипломному та післядипломному (інтернатура) етапах освіти, формування знань щодо вивчення сучасного уявлення про біомолекули та молекулярну організацію клітинних структур, загальних закономірностей ферментативного каталізу та біохімічної динаміки перетворення основних класів біомолекул, молекулярної біології та генетики інформаційних макромолекул, тобто молекулярних механізмів спадковості та реалізації генетичної інформації, гормональної регуляції метаболізму та біологічних функцій клітин, біохімії спеціальних фізіологічних функцій.

### **Завдання:**

а) закладання основ вивчення аспірантами молекулярної біології, генетики, фізіології, патології, загальної та молекулярної фармакології, токсикології та пропедевтики клінічних дисциплін, що передбачає інтеграцію викладання з цими дисциплінами та формування умінь застосовувати знання з біохімії, насамперед

біохімічних процесів, які мають місце в організмі людини та тварин, в процесі подальшого навчання і професійної діяльності;

в) закладання основ клінічної діагностики найпоширеніших захворювань, моніторингу перебігу захворювання, контролю за ефективністю застосування лікарських засобів та заходів, спрямованих на попередження виникнення та розвитку патологічних процесів;

У результаті вивчення освітнього компоненту здобувач повинен **знати:**

- Відповідність структури біоорганічних сполук фізіологічним функціям, які вони виконують в організмі людини.
- Особливості фізіологічного стану організму та розвитку патологічних процесів на основі лабораторних досліджень.
- Сучасні уявлення метаболізму вуглеводів, ліпідів, амінокислот, що забезпечує їх функціональні властивості та перетворення в організмі.
- Біохімічні механізми виникнення патологічних процесів в організмі людини та тварин, принципи їх корекції.
- Біохімічні та молекулярні основи фізіологічних функцій клітин, органів і систем організму людини та тварин.
- Функціонування ферментативних процесів, що відбуваються в мембранах і органелах для інтеграції обміну речовин в індивідуальних клітинах.
- Результати біохімічних досліджень та зміни біохімічних та ферментативних показників, що застосовуються для діагностики найпоширеніших хвороб людини.
- Значення біохімічних процесів обміну речовин та його регуляції в забезпеченні функціонування органів, систем та цілісного організму людини та тварин.

**вміти:**

- Аналізувати відповідність структури біоорганічних сполук фізіологічним функціям, які вони виконують в організмі людини та тварин.
- Інтерпретувати особливості фізіологічного стану організму та розвитку патологічних процесів на основі лабораторних досліджень.
- Аналізувати реакційну здатність вуглеводів, ліпідів, амінокислот, що забезпечує їх функціональні властивості та метаболічні перетворення в організмі.
- Інтерпретувати біохімічні механізми виникнення патологічних процесів в організмі людини та тварин, принципи їх корекції.
- Пояснювати основні механізми біохімічної дії та принципи спрямованого застосування різних класів фармакологічних засобів.
- Пояснювати біохімічні та молекулярні основи фізіологічних функцій клітин, органів і систем організму людини та тварин.
- Аналізувати функціонування ферментативних процесів, що відбуваються в мембранах і органелах для інтеграції обміну речовин в індивідуальних клітинах.
- Інтерпретувати значення біохімічних процесів обміну речовин та його регуляції в забезпеченні функціонування органів, систем та цілісного організму людини та тварин.

**Компетентності, формуванню яких сприяє дисципліна**

- Дисципліна забезпечує набуття здобувачами наступних компетентностей:
- **загальних:** ЗК1, ЗК2, ЗК3, ЗК6, ЗК7
- **фахових:** ФК1, ФК2, ФК3, ФК 4, ФК5, ФК6, ФК7, ФК9, ФК14, ФК15, ФК16
- **Програмні результати навчання, формуванню яких сприяє дисципліна**
- Дисципліна забезпечує набуття здобувачами наступних програмних результатів навчання: ПРН1, ПРН2, ПРН5, ПРН10.

### Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	у тому числі			
		Лекції	Семінари	Практичні	СРС
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1. Сучасні закономірності метаболізму. Метаболізм вуглеводів, ліпідів, амінокислот та його регуляція.</b>	<b>72</b>	<b>4</b>		<b>44</b>	<b>24</b>
<b>Модуль 2. Сучасні уявлення молекулярної біології та біохімії міжклітинних комунікацій. Особливості біохімії тканин та фізіологічних функцій.</b>	<b>78</b>	<b>6</b>		<b>46</b>	<b>26</b>
Підсумкова семестрова атестація (іспит)					
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>10</b>		<b>90</b>	<b>50</b>

#### Контроль знань і розподіл балів, які отримують здобувачі ступеня доктора філософії

- Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.
- У змістовий модуль I (ЗМ1) входять теми 1 - 4,
- у змістовий модуль II (ЗМ2) – 5-8.
- *Оцінювання за формами контролю:*

	Змістовий модуль I	Змістовий модуль II	Змістовий модуль III	Змістовий модуль IV	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	31	30	31	30	122
<b>Максимум</b>	50	50	50	50	200

Для здобувачів ступеня доктора філософії, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум – 122 бали*, для одержання іспиту обов'язково *перескладання поточного контролю та/або індивідуальної самостійної роботи.*

**При цьому, кількість балів:**

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою

*При цьому, кількість балів:*

0-79 відповідає оцінці «незадовільно» з обов'язковим повторним вивченням дисципліни;

80-118 відповідає оцінці «незадовільно»;

- 122-128 відповідає оцінці «задовільно» («достатньо»);  
 130-138 відповідає оцінці «задовільно»;  
 140-158 відповідає оцінці «добре»;  
 160-178 відповідає оцінці «добре» («дуже добре»);  
 180-200 відповідає оцінці «відмінно».

**Шкала відповідності:**

За 200 – бальною шкалою		За чотирибальною шкалою	
<b>A</b>	180-200	5	відмінно
<b>B</b>	160-178	4	добре
<b>C</b>	140-158		
<b>D</b>	130-138	3	задовільно
<b>E</b>	122-128		
<b>F<sub>x</sub></b>	80-118	2	не задовільно
<b>F</b>	0-79	2	не задовільно (без права перездачі)

## Програма навчальної дисципліни

**Модуль I: Сучасні закономірності метаболізму. Метаболізм вуглеводів, ліпідів, амінокислот та його регуляція. 44 години**

*Тема. Особливості регуляції ферментативних процесів. Медична ензимологія. 6 годин.*

Номенклатура ферментів та їх класифікація за типом реакції: оксидоредуктази, трансферази, гідролази, ліази, ізомерази, лігази.

Механізми дії ферментів: термодинамічні закономірності ферментативного каталізу; активні центри ферментів. Ферментативне перетворення субстратів за каталітичної дії ферменту на прикладі дії хімотрипсину та ацетилхолінестерази. Послідовність етапів каталітичного процесу.

Регуляція ферментативних процесів. Шляхи та механізми регуляції: алостеричні взаємодії у ферментах; ковалентна модифікація ферментів; дія регуляторних білків-ефекторів (кальмодуліну, протеїназ, протеїназних інгібіторів). Циклічні нуклеотиди як регулятори ферментативних реакцій та біологічних функцій клітини.

Основні аспекти сучасної ензимодіагностики. Клітинні, секреторні та екскреторні ферменти. Ізоферменти в ензимодіагностиці, тканинна специфічність розподілу ізоферментів. Зміни активності ферментів плазми та сироватки крові як діагностичні показники розвитку патологічних процесів в органах і тканинах.

Застосування ензимодіагностики в кардіології, гепатології, нефрології, урології, онкології, пульманології, ортопедії, тощо.

Порушення перебігу ферментативних процесів: природжені (спадкові) та набуті ензимопатії, уроджені вади метаболізму, їх клініко-лабораторна діагностика.

Ензимотерапія – використання ферментів в якості лікарських засобів. Фармакологічне застосування ферментів шлунково-кишкового тракту, згортальної та фібролітичної систем крові, калікреїн-кінінової та ренін-ангіотензинової систем. Інгібітори ферментів як лікарські засоби.

**Тема. Сучасні уявлення про фундаментальні закономірності обміну речовин: катаболізм, анаболізм. Спільні шляхи перетворень білків, вуглеводів, ліпідів. Обмін речовин та енергії. 4 години.**

Загальні закономірності обміну речовин; катаболічні, анаболічні та амфіболічні шляхи метаболізму.

Екзергонічні та ендергонічні біохімічні реакції; роль АТФ та інших макроергічних фосфатів у спряженні процесів, що протікають з вивільненням та запасанням енергії. Стадії катаболізму біомолекул в організмі.

Три спільні стадії катаболізму біомолекул. Стадія 1 – розщеплення складних макромолекул вуглеводів, білків, нуклеїнових кислот та ліпідів до простих компонентів. Стадія 2 – ферментативні (метаболічні) шляхи розщеплення метаболітів з вивільненням хімічної енергії, яка акумулюється у високоенергетичних (макроергічних) зв'язках АТФ. Глюкозо-6-фосфат, піруват – спільні проміжні продукти катаболізму. Ацетил-КоА – загальний кінцевий продукт другої стадії внутрішньоклітинного катаболізму вуглеводів, ліпідів та амінокислот. Стадія 3 – окиснення ацетил-КоА до кінцевих метаболітів – діоксиду вуглецю та води. Третя стадія включає два метаболічні процеси: цикл трикарбонових кислот та систему транспорту електронів в мембранах мітохондрій, в якій вивільнення енергії електронів спряжене з окисним фосфорилуванням.

Загальна характеристика циклу трикарбонових кислот: схема функціонування, послідовність реакцій, характеристика ферментів, біохімічне значення.

**Тема. Особливості біохімічної термодинаміки: біоенергетичні процеси (біологічне окиснення, окисне фосфорилування). Хеміосмотична теорія окисного фосфорилування. Інгібітори і роз'єднувачі окисного фосфорилування. 6 годин.**

Взаємозв'язок процесів утворення та споживання енергії в живих системах. Енергія хімічних зв'язків як основний вид енергії, що використовується клітинами для забезпечення їх життєдіяльності.

Шляхи синтезу АТФ в клітинах: субстратне та окисне фосфорилування. Утворення АТФ в клітинах за анаеробних та аеробних умов. Переваги аеробного окиснення поживних сполук. Автотрофні та гетеротрофні організми.



Реакції біологічного окислення: типи реакцій (дегідрогеназні, оксидазні, оксигеназні) та їх біологічне значення. Тканинне дихання.

Молекулярна організація мітохондріального ланцюга біологічного окислення. Послідовність передавання електронів в дихальному ланцюгу. Компоненти дихального ланцюга як окисно-відновні пари кофакторів: НАД, флавопротеїни, коензим Q, цитохроми, їх редокс-потенціали.

Молекулярні комплекси внутрішніх мембран мітохондрій: НАДН-коензим Q-редуктаза; сукцинат-коензим Q-редуктаза; коензим Q-цитохром с-редуктаза; цитохром с-оксидаза. Шляхи включення відновлювальних еквівалентів у дихальний ланцюг мітохондрій. АТФ-синтетаза мітохондрій, будова та принципи функціонування.  $F_0$  та  $F_1$  субодиниці АТФ-синтетази, їх функціональне значення.

Хеміосмотична теорія окисного фосфорилування – молекулярний механізм генерації АТФ в процесі біологічного окислення.

Електрохімічний градієнт протонів ( $\Delta\mu_{H^+}$ ), що утворюється під час функціонування електронно-транспортного ланцюга забезпечує спряження транспорту електронів в мітохондріях з синтезом АТФ. Фізико-хімічні складові електрохімічного градієнту протонів.

Умови ефективного спряження окислення та фосфорилування в мітохондріях: цілісність мітохондріальної мембрани, наявність всіх компонентів ланцюга транспорту, специфічна внутрішньомембранна топографія переносників, наявність достатньої кількості АДФ та неорганічного фосфату.

Інгібітори транспорту електронів (ротинон, амітал, антимицин А, ціаніди, монооксид вуглецю) та роз'єднувачі окисного фосфорилування (2,4-динітрофенол, гормони щитовидної залози, вільні жирні кислоти), їх біомедичне значення. Порушення синтезу АТФ в умовах дії на організм людини патогенних факторів хімічного, біологічного та фізичного походження.

**Тема. Особливості анаеробного окислення вуглеводів. Глюконеогенез. Дослідження аеробного окислення глюкози. 4 години.**

Анаеробне окислення глюкози – гліколіз: ферментативні реакції гліколізу, енергетика, регуляція. Гліколітична оксидоредукція, субстратне фосфорилування в гліколізі. Вклад робіт Ембдена, Мейергофа та українського біохіміка – Я.Парнаса у встановлення послідовності ферментативних реакцій гліколізу (молочнокислого бродіння). Спиртове та інші види бродіння.

Біосинтез глюкози – глюконеогенез: фізіологічне значення, ферментативні реакції, регуляторні ферменти. Метаболічний шлях глюконеогенезу: субстрати глюконеогенезу, компартменталізація перетворення пірувату в фосфоеніл піруват. Лактат та аланін як субстрати глюконеогенезу, глюкозо-лактатний (цикл Корі) та глюкозоаланіновий цикли. Етапи аеробного окислення глюкози, окислювальне декарбоксилювання пірувату, Мультиферментний піруватдегідрогеназний комплекс – особливості функціонування за участю трьох ферментів та п'яти коферментів. Порівняльна характеристика біоенергетики аеробного та анаеробного окислення глюкози. Ефект Пастера – переключення з анаеробного на аеробне окислення глюкози, особливості регуляції. Човникові механізми окислення гліколітичного НАДН. Малат-аспартатний шунт

транспорту відновлювальних еквівалентів гліколітичного НАДН в мітохондрії в аеробних умовах.

Метаболізм вуглеводних компонентів глікокон'югатів. Біосинтез О- та N- зв'язаних глікопротеїнів; значення глікозилтрансфераз та доліхолфосфату. Біосинтез гліколіпідів на прикладі утворення олігосахаридних фрагментів антигенних детермінант груп крові людини системи АВО. Ферменти катаболізму глікокон'югатів. Генетичні порушення метаболізму глікокон'югатів (глікозидози): мукополісахаридози – патології сполучної тканини внутрішніх органів, кісток і суглобів. Ревматизм.

**Тема. Особливості катаболізму та біосинтезу глікогену. Сучасні уявлення про метаболічну та гормональну регуляцію обміну вуглеводів. 4 години.**

Розщеплення та біосинтез глікогену: ферментативні реакції глікогенезу та глікогенолізу; каскадні механізми цАМФ-залежної регуляції активностей глікоген фосфорилази та глікогенсинтази. Гормональна регуляція обміну глікогену в м'язах та печінці.

Генетичні порушення ферментів метаболізму глікогену: глікогенози – аномально високе накопичення глікогену в органах і тканинах, аглікогенози – недостатнє запасання глікогену в тканинах. Гормони – регулятори обміну глюкози (глюкагон, адреналін, глюোকортикоїди, соматотропін, інсулін - ефекти та механізми впливу на рівень глюкоземії).

Глюкоземія: нормальний стан та його порушення (гіпер-, гіпоглюкоземія та глюкозурія). Цукровий діабет; інсулінозалежна та інсулінонезалежна форми; клініко-біохімічна характеристика та діагностичні критерії цукрового діабету – глюкозотолерантний тест, подвійне цукрове навантаження.

**Тема. Особливості катаболізму і біосинтезу триацилгліцеролів. Сучасні уявлення про молекулярні механізми регуляції ліполізу. 4 години.**

Шляхи метаболізму ліпідів. Адипоцити жирової тканини та їх роль в обміні ліпідів і біоенергетичних процесах в організмі.

Катаболізм триацилгліцеролів: реакції; механізми регуляції активності тригліцеридліпази. Нейрогуморальна регуляція ліполізу за участю адреналіну, норадреналіну, глюкагону, інсуліну.

Біосинтез триацилгліцеролів. Патохімія ожиріння.

**Тема. Особливості метаболізму ліпопротеїнів. 4 години.**

Класи ліпопротеїнів плазми крові: хімічний склад; апопротеїни. Кількісні та якісні зміни ліпопротеїнів крові при їхній циркуляції в крові та клітинах.

Клініко-біохімічна характеристика первинних і вторинних ліпопротеїнемій за класифікацією ВООЗ. Принципи лабораторної діагностики дисліпопротеїнемій.

**Тема. Особливості обміну жирних кислот та кетонових тіл. Біосинтез жирних кислот. Обмін складних ліпідів. 4 години.**

Окислення жирних кислот ( $\beta$ -окислення): активація жирних кислот, роль карнітину в транспорті жирних кислот в мітохондрії, послідовність ферментативних реакцій. Енергетика  $\beta$ -окислення жирних кислот. Окислення гліцеролу.

Кетонів тіла. Реакції біосинтезу та утилізації кетонових тіл, їх фізіологічне значення. Метаболізм кетонових тіл за умов патології. Механізми надмірного зростання вмісту кетонових тіл при цукровому діабеті та голодуванні.

Біосинтез вищих жирних кислот, метаболічні джерела. Біосинтез насичених жирних кислот (пальмітату), ферментативні реакції – синтез малоніл-КоА, ацилтранспортуючий білок, джерела НАДФН, необхідного для біосинтезу жирних кислот, Регуляція процесу біосинтезу на рівні ацетил-КоА-карбоксілази та на рівні синтетази жирних кислот. Елонгація насичених жирних кислот. Утворення моно- та поліненасичених жирних кислот в організмі людини.

Будова, функції, класифікація складних ліпідів. Біосинтез фосфоліпідів. Метаболізм сфінголіпідів. Генетичні аномалії обміну сфінголіпідів – сфінголіпидози. “Лізосомальні хвороби”: хвороба Німана-Піка, хвороба Тея-Сакса (гангліозидоз  $G_{M2}$ ) гангліозидоз  $G_{M1}$ , хвороба Гоше (глюкоцереброзидний ліпідом). Стеатоз печінки.

**Тема. Особливості біосинтезу і біотрансформації холестеролу. Сучасні уявлення про біохімічні механізми порушень ліпідного обміну: стеаторея, ожиріння, атеросклероз. 4 години.**

Біосинтез холестерину: метаболічні попередники; схема послідовності реакцій. Регуляція синтезу холестерину.

Шляхи біотрансформації холестерину: етерифікація; утворення жовчних кислот, стероїдних гормонів, вітаміну  $D_3$ ; екскреція холестерину з організму. Роль цитохрому P-450 в біотрансформації фізіологічно активних стероїдів.

Патології ліпідного обміну. Атеросклероз: механізми розвитку, роль генетичних факторів. Атеросклероз як імунезапальний процес.

Інсулінонезалежний цукровий діабет – захворювання, що супроводжується гіпертригліцеридемією (гіперліпоротейнемії I типу), стимуляцією ліполізу в жировій тканині, активацією синтезу кетонових тіл, послабленням процесу зворотного транспорту холестерину.

**Тема. Особливості біосинтезу сечовини. Сучасні механізми нейротоксичності аміаку. Біосинтез глутатіону, креатину та порфіринів. 4 години.**

Шляхи утворення аміаку. Токсичність аміаку та механізми його знешкодження. Циркуляторний транспорт аміаку (глутамін, аланін).

Біосинтез сечовини: ферментні реакції; генетичні дефекти ферментів (ензімопатії) синтезу сечовини.

Порфірини: структура; реакції біосинтезу протопорфірину IX; утворення гему. Регуляція синтезу порфіринів.

Спадкові порушення обміну порфіринів (ензімопатії): еритропоетична порфірія, печенкові порфірії, неврологічні порушення, фотодерматити.

Утворення креатину та креатиніну, клініко-біохімічне значення порушень обміну креатину та креатиніну. Глутатіон, його роль в обміні органічних пероксидів.

Особливості обміну амінокислот з розгалуженими ланцюгами; участь коферментних форм вітаміну В<sub>12</sub> в метаболізмі амінокислот. Обмін аргініну; біологічна роль оксиду азоту, NO-синтаза.

Спеціалізовані шляхи метаболізму циклічних амінокислот фенілаланіну та тирозину, послідовність ферментативних реакцій. Спадкові ензимопатії обміну циклічних ациклічних амінокислот фенілаланіну та тирозин – фенілкетонурія, алкаптонурия, альбінізм. Обмін триптофану: кінуреніновий та серотоніновий шляхи.

**Модуль II: Сучасні уявлення молекулярної біології та біохімії міжклітинних комунікацій. Особливості біохімії тканин та фізіологічних функцій.**

*Тема. Особливості молекулярно-клітинних механізмів дії гормонів білково-пептидної природи на клітини-мішені. Гормони гіпоталамусу та гіпофізу. Гормони підшлункової залози. Гормони травного тракту. 6 годин.*

Гормони та інші біорегулятори у системі міжклітинної інтеграції функцій організму людини, їх хімічна природа, класи гормонів: білково-пептидні гормони; гормони - похідні амінокислот; гормони стероїдної природи; біорегулятори - похідні арахідонової кислоти.

Синтез та секреція гормонів. Циклічність гормональної секреції в організмі людини. Циркуляторний транспорт гормонів. Мішені гормональної дії; типи реакцій клітин на дію гормонів. Рецептори гормонів: мембранні (іонотропні, метаботропні) та цитозольні рецептори. Біохімічні системи внутрішньоклітинної трансдукції гормональних сигналів.

Молекулярно-клітинні механізми дії білково-пептидних гормонів та біогенних амінів. Каскадні системи передачі хімічного сигналу біорегулятора: рецептори → G-білки → вторинні посередники → протеїнкінази.

Месенджерні функції циклічних нуклеотидів, системи Ca<sup>2+</sup>/кальмодулін, фосфоінозитидів. Серинові, треонінові та тирозинові протеїнкінази і ефекторні функції клітини.

Гормони гіпоталамо-гіпофізарної системи. Ліберини та статини гіпоталамуса.

Гормони передньої частки гіпофіза.

Група "гормон росту (соматотропін) - пролактин - хоріонічний соматоматотропін"; патологічні процеси, пов'язані з порушенням функцій СТГ, соматомединів, пролактину.

Група глікопротеїнів - тропних гормонів гіпофіза (тиреотропін, гонадотропіни - ФСГ, ЛГ, хоріонічний гонадотропін).

Сімейство проопіомеланокортину (ПОМК) – продукти процесингу ПОМК (адренкортикотропін, ліпотропіни, ендорфіни).

Гормони задньої частки гіпофіза. Вазопресин (антидіуретичний гормон); патологія, пов'язана з порушенням продукції АДГ. Окситоцин.

Гормони підшлункової залози. Інсулін - будова, біосинтез та секреція; вплив на обмін вуглеводів, ліпідів, амінокислот та білків. Рістстимулюючі ефекти інсуліну; фактори росту та онкобілки. Глюкагон.

Гормони травного каналу. Гастрин. Холецистокінін. Секретин.

**Тема. Особливості молекулярно-клітинних механізмів дії стероїдних гормонів на клітини-мішені. Стероїдні гормони. Дослідження ролі тиреоїдних гормонів та біогенних амінів в регуляції метаболічних процесів. 4 години.**

Стероїдні гормони: номенклатура, класифікація. Схема генезу стероїдних гормонів з холестеролу. Стероїдні гормони кори наднирників ( $C_{21}$ -стероїди) - кортизол, кортикостерон, альдостерон. Фізіологічні та біохімічні ефекти кортикостероїдів. Глюкокортикоїди; роль кортизолу в регуляції глюконеогенезу; протизапальні властивості глюкокортикоїдів. Хвороба Іценко-Кушинга. Мінералокортикоїди; роль альдостерону в регуляції водно-сольового обміну; альдостеронізм.

Стероїдні гормони статевих залоз. Жіночі статеві гормони: естрогени - естрадіол, естрон ( $C_{18}$ -стероїди), прогестерон ( $C_{21}$ -стероїди); фізіологічні та біохімічні ефекти; зв'язок з фазами менструального циклу; регуляція синтезу та секреції. Чоловічі статеві гормони (андрогени) - тестостерон, дигідротестостерон ( $C_{19}$ -стероїди); фізіологічні та біохімічні ефекти, регуляція синтезу та секреції.

Клінічне застосування аналогів та антагоністів гормонів статевих залоз.

Гормони щитовидної залози. Структура та біосинтез тиреоїдних гормонів. Біологічні ефекти  $T_4$  та  $T_3$ . Патологія щитовидної залози; особливості порушень метаболічних процесів за умов гіпер- та гіпотиреозу.

Біогенні аміни з гормональними та медіаторними властивостями: будова, біосинтез, фізіологічні ефекти, біохімічні механізми дії. Катехоламіни - адреналін, норадреналін, дофамін. Індоламіни - серотонін, мелатонін. Гістамін. Рецептори біогенних амінів; рецепторна дія лікарських засобів, антагоністи гістамінових рецепторів.

**Тема. Протеїнограма: білки гострої фази запалення, власні та індикаторні ферменти. 6 годин.**

Білки плазми крові та їх клініко-біохімічна характеристика; фракції білків крові. Компоненти системи неспецифічної резистентності організму та тестові білки "гострої фази" запальних процесів - (С-реактивний протеїн,  $\alpha_2$ -макроглобулін,  $\alpha_1$ -протеїназний інгібітор, фібронектин, кріоглобулін, тощо).

Ферменти плазми крові; значення в ензимодіагностиці захворювань внутрішніх органів. Калікреїн-кінінова система.

**Тема. Особливості кислотно-основного стану крові та дихальної функції еритроцитів. 4 години.**

Фізіологічні та біохімічні функції крові.

Дихальна функція еритроцитів. Гемоглобін: структура, властивості, механізми участі в транспорті кисню та діоксиду вуглецю. Варіанти гемоглобінів людини; молекулярні порушення будови гемоглобінів (гемоглобінози) - гемоглобінопатії, таласемії.

Кислотно-основний стан організму людини. Механізми регуляції та підтримки кислотно-основного стану: буферні системи крові, функція легень і нирок.

Гормональні механізми регуляції. Показники кислотно-основного стану, що досліджуються в клініці.

Порушення кислотно-основного стану: метаболічні алкалоз і ацидоз, респіраторні алкалоз і ацидоз, механізми їх виникнення.

Головні типи гіпоксії, механізми їх виникнення, прийоми лабораторної діагностики.

**Тема. Особливості біохімічних закономірностей реалізації імунних процесів. Імунодефіцитні стани. 6 годин.**

Загальна характеристика імунної системи; клітинні та біохімічні компоненти.

Імуноглобуліни: структура, біологічні функції, механізми регуляції синтезу імуноглобулінів. Біохімічні характеристики окремих класів імуноглобулінів людини. Медіатори та гормони імунної системи; цитокіни (інтерлейкіни, інтерферони, білково-пептидні фактори регуляції росту та проліферації клітин).

Біохімічні компоненти системи комплементу людини; класичний та альтернативний (пропердиновий) механізми активації.

Біохімічні механізми імунодефіцитних станів: первинні (спадкові) та вторинні імунодефіцити; синдром набутого імунодефіциту людини.

**Тема. Особливості біохімії печінки. Патобіохімія жовтяниць. Дослідження процесів біотрансформації ксенобіотиків та ендогенних токсинів. Мікросомальне окислення, цитохром P-450. 4 години.**

Гомеостатична роль печінки в обміні речовин цілісного організму. Біохімічні функції гепатоцитів. Вуглеводна (глікогенна), ліпід-регулююча, білкова, сечовино-утворювальна, пігментна, жовчо-утворювальна функції печінки. Біохімічний склад жовчі.

Клініко-біохімічна характеристика недостатності функцій печінки за умов хімічного, біологічного та радіаційного ураження; біохімічні механізми розвитку печінкової енцефалопатії. Порушення біохімічних процесів в печінці при окремих захворюваннях.

Зміни біохімічних показників при гострому гепатиті, викликаному вірусами чи алкогольною інтоксикацією, їх діагностична оцінка.

Зміни біохімічних показників при хронічному гепатиті, цирозі, жовчно-кам'яній хворобі, дискинезії та холециститі, їх діагностична оцінка. Зв'язок порушень в екскреторній функції печінки з порушеннями процесів травлення в кишечнику, діагностика цих порушень.

Роль печінки в обміні жовчних пігментів. Катаболізм гемоглобіну: розрив тетрапірольного кільця гему, розпад вердоглобіну, перетворення білівердину на білірубін, утворення білірубін-диглюкуроніду, екскреція в жовч.

Патобіохімія жовтяниць; гемолітична (передпечінкова), паренхіматозна (печінкова), обтураційна (післяпечінкова). Ферментативні, спадкові жовтяниці:

1. Синдром Криглера-Найяра – жовтяниця, що спричинена недостатністю синтезу УДФ-глюкуронілтрансферази (“кон’югаційна жовтяниця”)

2. Хвороба Жільбера – патологічний стан, який є гетерогенною групою порушень, спричинених як блоком синтезу УДФ-глюкуронілтрансферази, так і порушенням здатності гепатоцитів до поглинання білірубину з крові (“абсорбційна жовтяниця”)

3. Синдром Дабіна-Джонсона – жовтяниця, пов’язана з порушенням транспорту білірубін-глюкуроніду з гепатоцитів у жовч (“екскреційна жовтяниця”). Ферментативні жовтяниці новонароджених, способи їх запобігання.

Детоксикаційна функція печінки; біотрансформація ксенобіотиків та ендогенних токсинів.

Типи реакцій біотрансформації чужорідних хімічних сполук у печінці. Реакції мікосомального окислення; індуктори та інгібітори мікосомальних монооксигеназ. Реакції кон’югації в гепатоцитах: біохімічні механізми, функціональне значення.

Електроно-транспортні ланцюги ендоплазматичного ретикулуму. Генетичний поліморфізм та індукцибельність синтезу цитохрому Р-450. Виникнення і природа розвитку толерантності до лікарських засобів.

### ***Тема. Особливості біохімії нирок. Дослідження нормальних та патологічних компонентів сечі. 4 години.***

Водно-сольовий обмін в організмі. Внутрішньоклітинні і позаклітинні рідинні простори, особливості їх хімічного складу. Роль нирок в регуляції електролітного складу та рН рідин організму. Біохімічні механізми сечоутворювальної функції нирок.

Гормональні механізми регуляції водно-сольового обміну та функцій нирок; антидіуретичний гормон; альдостерон.

Ренін-ангіотензинова система. Натрійуретичні фактори передсердя та інших тканин.

Гіпотензивні лікарські засоби – інгібітори ангіотензинперетворюючого ферменту.

Механізми утворення сечі. Біохімічний склад сечі людини в нормі.

Патобіохімія нирок та водно-сольового обміну. Біохімічний склад сечі людини за умов патологічних процесів. Клініко-діагностичне значення аналізу складу сечі. Біохімічна характеристика ниркового кліренсу і ниркового порогу, їх діагностичне значення.

Клініко-біохімічні зміни при гломерулонефриті, амлоїдазі, пієлонефриті, гострій нирковій недостатності. Діагностика хронічної ниркової недостатності.

Характеристика умов утворення в нирках каменів, їх хімічний склад та заходи профілактики. Роль нирок та легень у підтриманні кислотно-основного стану організму.

**Тема. Особливості біохімії м'язової тканини. 4 години.**

Ультраструктура та біохімічний склад міоцитів; структурна організація саркомерів. Білки міофібрил: міозин, актин, тропоміозин, тропонін. Молекулярна організація товстих та тонких філаментів.

Молекулярні механізми м'язового скорочення: сучасні уявлення про взаємодію м'язових філаментів. Роль іонів  $Ca^{2+}$  в регуляції скорочення та розслаблення скелетних і гладеньких м'язів. Біоенергетика м'язової тканини: джерела АТФ у м'язах; роль креатинфосфату в забезпеченні енергії м'язового скорочення. Патобіохімія м'язів - міопатії.

Клітинна організація та особливості обміну м'язової тканини серця, його зв'язок з обміном у нервовій, ендокринній системах, печінці, легенях, судинах. Особливості біоенергетичних процесів у міокарді та регуляції скорочення кардіоміоцитів.

Порушення обміну речовин коронарних судин та серцевого м'яза при його гострому інфаркті. Зміна активності ензимів плазми крові при гострому інфаркті міокарду: діагностика стенокардії, мікроінфаркту, алкогольної інтоксикації.

Патобіохімія гіпертонічної хвороби. Зміни біохімічних показників на різних стадіях гіпертонічної хвороби та їх оцінка. Симптоматичні артеріальні гіпертензії. Використання біохімічних показників для оцінки активності ендоміокарду. Біохімічна діагностика захворювань міокарда (міокардіт, міокардіопатія). Захворювання перикарда. Ревматизм, його клініко – біохімічна діагностика.

Серце як ендокринний орган. Кардіопептиди, їх роль.

Ушкодження серця при деяких захворюваннях (тиреотоксикоз, гіпотеріоз, гіперкортицизм, цукровий діабет, захворювання паразитовидної залози, хронічна ниркова недостатність, вплив радіації, порфірія, подагра, порушення харчування, алкогольне ушкодження серця).

**Тема. Особливості біохімії сполучної тканини та кісткової тканини.**

**Фактори ризику остеопорозу. 4 години.**

Загальна характеристика морфології та біохімічного складу сполучної тканини. Біохімічна будова міжклітинної речовини пухкої волокнистої сполучної тканини: волокна (колагенові, ретикулярні, еластичні); основна аморфна речовина.

Білки волокон сполучної тканини: колагени, еластин, глікопротеїни та протеоглікани. Біосинтез колагену та утворення фібрилярних структур.

Складні вуглеводи основного аморфного матриксу сполучної тканини – глікозаміноглікани (мукополісахариди). Механізми участі молекул глікозаміногліканів (гіалуронової кислоти, хондроїтин-, дерматан-, кератансульфатів) у побудові основної речовини пухкої волокнистої сполучної тканини. Розподіл різних глікозаміногліканів в органах і тканинах людини.



Патобіохімія сполучної тканини. Біохімічні механізми виникнення мукополісахаридозів та колагенозів, їх клініко-біохімічна діагностика.

Хімічний склад кісткової тканини (хімічний склад органічного матриксу та мінеральної фази кісткової тканини). Мінералізація кісткової тканини. Гормональна регуляція остеогенезу та остеорезорбції. патології кісткової тканини. фактори ризику остеопорозу.

Розподіл  $\text{Ca}^{2+}$  в організмі; молекулярні форми кальцію в плазмі крові людини. Роль кісткової тканини, тонкої кишки та нирок в гомеостазі кальцію.

Паратгормон – будова, механізм гіперкальціємічної дії. Кальцитріол: біосинтез; вплив на абсорбцію  $\text{Ca}^{2+}$  та фосфатів в кишечнику. Кальцитонін – будова, вплив на обмін кальцію і фосфатів. Клініко-біохімічна характеристика порушень кальцієвого гомеостазу (рахіт, остеопороз).

#### ***Тема. Особливості біохімії нервової тканини. 4 години.***

Особливості біохімічного складу та метаболізму нервової системи. Хімічний склад головного мозку; нейроспецифічні білки та ліпіди (гангліозиди, цереброзиди, холестерол). Особливості амінокислотного складу мозку; роль системи глутамінової кислоти.

Енергетичний обмін в головному мозку людини, значення аеробного окислення глюкози; зміни в умовах фізіологічного сну та наркозу.

Нейромедіатори (ацетилхолін, норадреналін, дофамін, серотонін, збуджувальні та гальмівні амінокислоти). Рецептори для нейромедіаторів та фізіологічно активних сполук. Пептидергічна система головного мозку; опіодні пептиди (енкефаліни, ендорфіни, динорфіни). Молекулярні основи біоелектричних процесів на мембранах нейронів.

Порушення обміну медіаторів та модуляторів головного мозку при психічних розладах. Нейрохімічні механізми дії психотропних засобів (нейролептиків, антидепресантів, анксиолітиків, ноотропів).

### Теми лекцій (10 год.)

№№/зп	Назва теми	Кількість годин аудиторних
<b>Модуль 1. Сучасні закономірності метаболізму. Метаболізм вуглеводів, ліпідів, амінокислот та його регуляція. 4 год.</b>		
1	Сучасні фундаментальні закономірності обміну речовин. Спільні шляхи перетворень білків, вуглеводів, ліпідів. Біохімічна термодинаміка: біоенергетичні процеси (біологічне окислення, окисне фосфорилування).	2
2	Сучасні біохімічні механізми порушення метаболізму.	2
<b>Модуль 2. Сучасні уявлення молекулярної біології та біохімії міжклітинних комунікацій. Особливості біохімії тканин та фізіологічних функцій. 6 год.</b>		
1	Сучасні уявлення біохімії міжклітинних комунікацій.	2
2	Сучасні положення ремоделювання екстрацелюлярного матриксу сполучної тканини.	2
3	Особливості біохімічних закономірностей реалізації імунних процесів.	2

### Теми практичних занять (90 год)

№№/зп	Назва теми	Кількість годин аудиторних
<b>Модуль 1. Сучасні закономірності метаболізму. Метаболізм вуглеводів, ліпідів, амінокислот та його регуляція. 44 год.</b>		
1	Дослідження регуляції ферментативних процесів. Медична ензимологія.	6
2	Фундаментальні закономірності обміну речовин. Спільні шляхи перетворень білків, вуглеводів, ліпідів. Обмін речовин і енергії. Дослідження функціонування циклу трикарбонових кислот.	4
3	Біоенергетичні процеси: біологічне окислення, окисне фосфорилування. Хеміосмотична теорія окисного фосфорилування. Інгібітори та роз'єднувачі окисного фосфорилування.	6
4	Дослідження гліколізу - анаеробного окислення вуглеводів. Глюконеогенез. Дослідження аеробного окислення глюкози.	4

5	Дослідження катаболізму та біосинтезу глікогену. Регуляція обміну вуглеводів.	4
6	Дослідження катаболізму і біосинтезу триацилгліцеролів. Встановлення молекулярних механізмів регуляції ліполізу.	4
7	Транспортні форми ліпідів.	4
8	$\beta$ -окислення жирних кислот. Дослідження обміну жирних кислот та кетонівих тіл. Біосинтез жирних кислот.	4
9	Біосинтез і біотрансформація холестеролу. Дослідження порушень ліпідного обміну: стеаторея, атеросклероз, ожиріння.	4
10	Дослідження процесів детоксикації аміаку та біосинтезу сечовини.	4
<b>Модуль 2. Молекулярна біологія. Біохімія міжклітинних комунікацій. Біохімія тканин та фізіологічних функцій. 46 год.</b>		
1	Дослідження молекулярно-клітинних механізмів дії гормонів білково-пептидної природи на клітини-мішені.	6
2	Дослідження молекулярно-клітинних механізмів дії стероїдних гормонів на клітини-мішені. Стероїдні гормони.	4
3	Дослідження білків плазми крові: білків гострої фази запалення, власних та індикаторних ферментів.	6
4	Дослідження кислотно-основного стану крові та дихальної функції еритроцитів. Патологічні форми гемоглобінів.	4
5	Дослідження біохімічних закономірностей реалізації імунних процесів. Імунодефіцитні стани.	6
6	Біохімія печінки. Патобіохімія жовтяниць. Дослідження процесів біотрансформації ксенобіотиків та ендогенних токсинів. Мікросомальне окислення, цитохром P-450.	4
7	Біохімія нирок.	4
8	Біохімія м'язової тканини.	4
9	Біохімія кісткової тканини. Фактори ризику остеопорозу.	4
10	Біохімія нервової тканини.	4

№ з/п Назва теми	Всього годин	Вид заняття		
		лекції	практичні заняття	самостійна робота, очні консультації з теми дисертаційної роботи
	150	10	90	50
<b>1 рік</b>				
	50	6	44	0
<b>I семестр</b>				
	24	2	22	0
1.	Модуль 1. Сучасні закономірності метаболізму. Метаболізм вуглеводів, ліпідів, амінокислот та його регуляція. Біомолекули – структурні компоненти клітини. Структурна ієрархія в молекулярній організації клітин.	2		0
2.	Сучасне уявлення про природні вищі жирні кислоти та їх роль у будові простих, та складних ліпідів.	2		0
3.	Особливості будови і функцій вуглеводів, глікокон'югатів.	2		0
4.	Сучасне уявлення про будову та функції нуклеїнових кислот.	2		0
5.	Особливості амінокислотного складу білків та пептидів.	2		0
6.	Сучасне уявлення про структурну організацію білків.	2		0
7.	Особливості механізму дії ферментів, кінетики ферментативного каталізу.	2		0
8.	Особливості регуляції ферментативних процесів.	2		0
9.	Медична ензимологія.	2		0
10.	Особливості ролі кофакторів та коферментних вітамінів у каталітичній активності ферментів (коферментні форми вітамінів В <sub>2</sub> , РР, В <sub>6</sub> , В <sub>1</sub> , В <sub>3</sub> , В <sub>с</sub> , В <sub>12</sub> , Н, ліноєва кислота).	2		0
11.	Сучасні закономірності обміну речовин. Спільні шляхи перетворень білків, вуглеводів, ліпідів. Особливості	2		0

	функціонування циклу трикарбонових кислот.				
12.	Сучасні аспекти біохімічної термодинаміки: біоенергетичні процеси (біологічне окислення, окисне фосфорилування).	2			0
<b>II семестр</b>					
		26	4	22	0
13.	Особливості анаеробного окислення глюкози. Глюконеогенез. Аеробне окислення глюкози. Альтернативні шляхи обміну моносахаридів.	2			0
14.	Особливості катаболізму та біосинтезу глікогену. Механізми метаболічної та гормональної регуляції обміну вуглеводів.	2			0
15.	Сучасні уявлення про метаболізм ліпопротеїнів. Типи аполіпопротеїнів та їх роль.	2			0
16.	Особливості катаболізму і біосинтезу триацилгліцеролів. Сучасні молекулярні механізми регуляції ліполізу.	2			0
17.	Особливості обміну складних ліпідів. Ліпідози, сучасна біохімічна діагностика.	2			0
18.	Особливості обміну жирних кислот та кетонівих тіл. Біосинтез жирних кислот.	2			0
19.	Особливості біосинтезу і біотрансформації холестеролу. Сучасні уявлення біохімічних механізмів порушень ліпідного обміну: стеаторея, атеросклероз, ожиріння.	2			0
20.	Особливості біохімії амінокислот. Перетравлення білків. Поняття «баланс азоту», типи азотистого балансу.	2			0
21.	Особливості загальних шляхів перетворень амінокислот (трансамінування, дезамінування, декарбоксілювання).	2			0
22.	Детоксикація аміаку та біосинтезу сечовини. Сучасні механізми нейротоксичності амоніаку.	2			0
23.	Особливості біосинтезу	2			0

	глутатіону, креатину та порфіринів.				
24.	Особливості обміну нуклеотидів Визначення кінцевих продуктів їх катаболізму.	2			0
<b>2 рік (викладацька практика)</b>					
		0	0	0	0
<b>3 рік</b>					
		50	4	46	0
<b>V семестр</b>					
		26	2	24	0
25.	<b>Модуль 2. Сучасні уявлення молекулярної біології та біохімії міжклітинних комунікацій. Особливості біохімії тканин та фізіологічних функцій.</b> Сучасні уявлення про молекулярно-клітинні механізми дії гормонів білково-пептидної природи на клітини-мішені.	2			
26.	Особливості гормонів гіпоталамусу та гіпофізу, їх роль в гормональній ієрархії.	2			
27.	Сучасні уявлення про молекулярно-клітинні механізми дії стероїдних гормонів на клітини-мішені. Стероїдні гормони.	2			
28.	Особливості ролі тиреоїдних гормонів в регуляції метаболічних процесів.	2			
29.	Особливості ролі біогенних амінів в регуляції метаболічних процесів.	2			
30.	Гормони підшлункової залози. Гормони травного каналу.	2			
31.	Особливості гормональної регуляції гомеостазу кальцію.	2			
32.	Сучасні уявлення про фізіологічно активні ейкозаноїди.	2			
33.	Особливості функціональної ролі жиророзчинних вітамінів у метаболізмі та реалізації клітинних функцій.	2			
34.	Протеїнограма: білки гострої фази запалення, власні та індикаторні ферменти.	2			
35.	Особливості кислотно-основного	2			

	стану крові та дихальної функції еритроцитів.				
36.	Особливості кінінової та ангіотензинової систем крові. Їх взаємозв'язок.	2			
<b>VI семестр</b>					
		24	2	22	0
37.	Особливості азотистого обміну та небілкових азотовмісних компонентів крові – кінцевих продуктів катаболізму гему.	2			
38.	Сучасні уявлення про біохімічні закономірності реалізації імунних процесів. Імунодефіцитні стани.	2			
39.	Особливості біохімічних закономірностей гемостазу та антигемостазу	2			
40.	Особливості біохімії печінки. Патобіохімія жовтяниць.	2			
41.	Процеси біотрансформації ксенобіотиків та ендогенних токсинів. Мікросомальне окислення, цитохром Р-450.	2			
42.	Особливості біохімії нирок. Дослідження нормальних компонентів сечі.	2			
43.	Патологічні компоненти сечі. Особливості ниркових синдромів. Нефролітіаз.	2			
44.	Особливості біохімії м'язової тканини. Сучасні механізми м'язового скорочення.	2			
45.	Особливості біохімії сполучної тканини. Ремоделювання екстрацелюлярного матриксу та його роль в розвитку патологічних процесів.	2			
46.	Особливості біохімії кісткової тканини. Фактори ризику остеопорозу. Сучасні уявлення про ремоделювання кісткової тканини.	2			
47.	Особливості біохімії нервової тканини. Нейропластичність.	2			
48.	Іспит	2			
<b>4 рік</b>					
		50	0	0	50
49.	Наукове керівництво роботою над дисертацією	2	0	0	2





72.	Наукове керівництво роботою над дисертацією	2	0	0	2
73.	Наукове керівництво роботою над дисертацією	2	0	0	2

### Рекомендована література

1. Біологічна хімія : підручник / Губський Ю.І., Ніженковська І.В., Корда М.М. [та ін.] : за ред. І.В. Ніженковської. – Вінниця : Нова Книга, 2021. – 648 с.
2. Біологічна і біоорганічна хімія : підручник Кн. 1 : Біоорганічна хімія / Б. С. Зіменковський [та ін.] ; ред.: Б. С. Зіменковський, І. В. Ніженковська. - 3-те вид., випр. - Київ : Медицина, 2022. - 272 с.
3. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 кн.: підручник. Кн. 2 Біологічна хімія / [Губський Ю.І., Ніженковська І.В., Корда М.М. та ін.]; за ред. Ю.І. Губського. - 3-те вид., випр. - Київ : Медицина, 2021. - 544 с.
4. Біохімія: підручник / за загальною редакцією професора А.Л. Загайка, проф. К.В. Александрової – Х.: Вид-во «Форт», 2014. – 728 с.
5. Остапченко Л.І. Біологічна і біоорганічна хімія : підручник. У 2 т. Т.1 Молекулярна організація живого. Метаболізм і біоенергетика / Л.І. Остапченко, В.К. Рибальченко. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2014.- 1044 с.
6. Остапченко Л.І. Біологічна і біоорганічна хімія : підручник. У 2 т. Т.2 Біохімічні основи молекулярної біології, міжклітинних комунікацій і регуляторних систем / Л.І. Остапченко, В.К. Рибальченко. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2015.- 918 с.
7. Скоробогатова З.М. Атлас метаболічних шляхів. Навчальний посібник / З.М. Скоробогатова : НАН України, Ін-т фіз.-орган. хімії та вуглекімії ім. Л. М. Литвиненка. НАН України. – К.: Академперіодика, 2017. - 76 с.

### Інформаційні ресурси

[www.pdmu.edu.ua](http://www.pdmu.edu.ua)  
[www.uadoc.zavantag.com](http://www.uadoc.zavantag.com)  
[www.essuir.sumdu.edu.ua](http://www.essuir.sumdu.edu.ua)  
[www.vnmu.at.ua/load/metodichnij](http://www.vnmu.at.ua/load/metodichnij)  
[www.twirpx.com](http://www.twirpx.com) ›  
[www.kingmed.info](http://www.kingmed.info)  
[www.biochem.if.ua](http://www.biochem.if.ua)  
[www.biochem.vsmu.edu.ua](http://www.biochem.vsmu.edu.ua)  
[www.vmede.org](http://www.vmede.org)  
[www.biosafety-center.dp.ua](http://www.biosafety-center.dp.ua)